

LIGHT SOLITON GENERATOR AND LIGHT SOLITON TRANSMISSION SYSTEM

Publication number: JP9162806 (A)

Publication date: 1997-06-20

Inventor(s): AKIBA SHIGEYUKI; SUZUKI MASATOSHI; EDAKAWA NOBORU; MORITA ITSURO +

Applicant(s): KOKUSAI DENSHIN DENWA CO LTD +

Classification:

- international: G02F1/35; H01S3/10; H01S5/00; H01S5/026; H01S5/30; H04B10/02; H04B10/18; G02F1/35; H01S3/10; H01S5/00; H04B10/02; H04B10/18; (IPC1-7): G02F1/35; H01S3/10; H01S3/18; H04B10/02; H04B10/18

- European:

Application number: JP19950321834 19951211

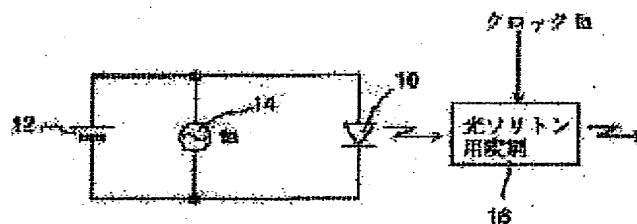
Priority number(s): JP19950321834 19951211

Also published as:

JP3433247 (B2)

Abstract of JP 9162806 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To generate optical pulses whose optical wavelength differs very slightly between adjacent optical pulses. **SOLUTION:** A DC power supply 12 supplies a DC current for oscillation of continuous laser to a semiconductor laser 10 and simultaneously a high frequency oscillation circuit 14 supplies a sine wave AC current whose frequency is f_s (e.g. 10MHz) to the semiconductor laser 10. The amplitude of the output light from the laser 10 is fluctuated at a period of $1/f_a$ by the AC drive from the high frequency oscillation circuit 14 and the wavelength is fluctuated at a period of $1/f_a$ within a prescribed optical wavelength range. An optical modulator 16 absorbs a laser beam outputted from the semiconductor laser 10 continuously with a clock frequency f_b (e.g. 10GHz) selectively to generate optical pulses at a period of $1/f_b$ with a prescribed pulse width (e.g. 15ps).; The optical pulse train outputted from the optical modulator 16 differs slightly from the optical wavelength between adjacent optical pulses.



Data supplied from the *espacenet* database — Worldwide

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-162806

(43)公開日 平成9年(1997)6月20日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 B 10/02			H 0 4 B 9/00	M
10/18			G 0 2 F 1/35	
G 0 2 F 1/35			H 0 1 S 3/10	A
H 0 1 S 3/10				Z
			3/18	

審査請求 未請求 請求項の数7 OL (全9頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平7-321834

(22)出願日 平成7年(1995)12月11日

(71)出願人 000001214

国際電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目3番2号

(72)発明者 秋葉 重幸

東京都新宿区西新宿2丁目3番2号国際電信電話株式会社内

(72)発明者 鈴木 正敏

東京都新宿区西新宿2丁目3番2号国際電信電話株式会社内

(72)発明者 枝川 登

東京都新宿区西新宿2丁目3番2号国際電信電話株式会社内

(74)代理人 弁理士 田中 常雄

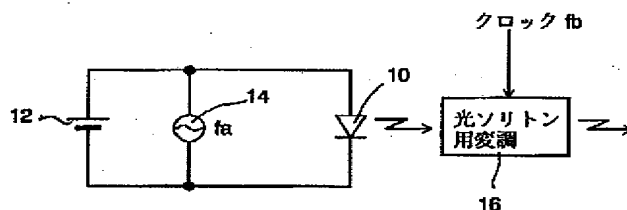
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光ソリトン発生装置及び光ソリトン伝送システム

(57)【要約】

【課題】 隣接する光パルス間で僅かに光波長の異なる光パルスを発生する。

【解決手段】 直流電源12が連続レーザ発振のための直流電流を半導体レーザ10に供給し、これと同時に高周波発振回路14が、周波数 f_a （例えば、10MHz）の正弦波交流電流を半導体レーザ10に供給する。高周波発振回路14の交流駆動により、レーザ10の出力光の振幅は周期 $1/f_a$ で変動し、光波長は一定の光波長範囲で周期 $1/f_a$ で変動する。光変調器16は、半導体レーザ10から出力される連続発振のレーザ光をクロック周波数 f_b （例えば、10GHz）のクロックで選択的に吸収して、周期 $1/f_b$ で所定パルス幅（例えば、15ps）の光パルスを形成する。光変調器16から出力される光パルス列は、隣接する光パルス間で光波長が僅かずつ異なったものになる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザ発振するレーザ素子と、当該レーザ素子を直流駆動して連続レーザ発振させる直流駆動手段と、当該レーザ素子を交流駆動する交流駆動手段と、当該レーザ素子の出力光を所定周波数のクロックに従い光パルス化するパルス化手段とからなることを特徴とする光ソリトン発生装置。

【請求項2】 上記パルス化手段が、上記クロックに従い当該クロックの1周期内の所定期間で入力光を吸収する光変調素子である請求項1に記載の光ソリトン発生装置。

【請求項3】 上記レーザ素子が1, 500nm帯で単一縦モード発振する半導体レーザである請求項1又は2に記載の光ソリトン発生装置。

【請求項4】 レーザ発振するレーザ素子と、当該レーザ素子を直流駆動して連続レーザ発振させる直流駆動手段と、当該レーザ素子の出力光を位相変調する位相変調手段と、当該位相変調手段の出力光を所定周波数のクロックに従い光パルス化するパルス化手段とからなることを特徴とする光ソリトン発生装置。

【請求項5】 上記パルス化手段が、上記クロックに従い当該クロックの1周期内の所定期間で上記位相変調手段の出力光を吸収する光変調素子である請求項4に記載の光ソリトン発生装置。

【請求項6】 上記レーザ素子が1, 500nm帯で単一縦モード発振する半導体レーザである請求項4又は5に記載の光ソリトン発生装置。

【請求項7】 光伝送媒体と、送信すべきデータにより変調された光ソリトンを当該光伝送媒体に出力する光ソリトン送信手段と、当該光伝送媒体を伝送した光ソリトンを受信し、データを復調する光ソリトン受信手段とからなる光ソリトン伝送システムであって、当該光ソリトン送信手段が、隣接する光ソリトン間で光波長が異なる光ソリトンを所定レートで発生する光ソリトン発生手段と、当該光ソリトン発生手段により発生された光ソリトンを送信すべきデータで変調するデータ変調手段と、当該データ変調手段によりデータ変調された光ソリトンを光伝送媒体に出力する出力手段とからなることを特徴とする光ソリトン伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光ソリトン発生装置及び光ソリトン伝送システムに関する。

【0002】

【従来の技術】 光には屈折率の高い所に集中する性質があり、光にとって屈折率が高い所程、ポテンシャル・エネルギーが低いと考えることができる。例えば、光ファイバでは、屈折率が僅かに高いコア部分のポテンシャル・エネルギーが低く、均質媒体におけるフレネル回折による光の拡散が抑えられ、光がコア内に閉じ込められ

る。

【0003】 光ソリトンでは、これと同様の現象が時間軸上で生じていると説明されている。即ち、光ファイバの基礎材料である石英の屈折率は僅かに非線形性があり、光強度が大きいほど屈折率が高くなる。図8は、光ソリトン波とポテンシャル・エネルギーの対応関係を定性的に示す模式図である。図8(a)は光ソリトン波形を示し、同(b)は、光ソリトンが伝搬する光ファイバの、時間軸上でのポテンシャル・エネルギー(屈折率)の変化を示す。光ソリトンは、波長分散により広がろうとする力と、この非線形性により集まろうとする力が拮抗して、孤立パルス状態を保持する。換言すると、光ソリトンは、自分自身でポテンシャルの低い部分を形成し、パルスの広がりを抑制して、安定に伝搬する。

【0004】 従来の光ソリトン伝送方式では、隣接する光ソリトンが同相又は逆相で形成されており、隣接する光ソリトン間での干渉又は相互作用が、長距離伝送の伝送特性を劣化させる原因になっていた。

【0005】 図9は、隣接する2つの光ソリトンA, Bが、同一光周波数且つ同相で形成されている場合の、波形とポテンシャル・エネルギーの対応関係の模式図を示す。図9(a)は時間軸上での光ソリトンの強度を示し、同(b)は、時間軸上でのポテンシャル・エネルギーを示す。光ソリトンA, B間の中間では、図9(b)に示すように、ポテンシャル・エネルギーが、光ソリトンA, Bの外側に比べて低くなる。これは、光ソリトンAの振幅と光ソリトンBの振幅が同相で加算されるからである。このように、光ソリトンA, Bの中間のポテンシャル・エネルギーが相対的に低くなることにより、光ソリトンAと同Bが互いに引き合うことになる。

【0006】 他方、図10は、隣接する2つの光ソリトンC, Dが、同一光周波数でも逆相(反転位相)で形成されている場合の、波形とポテンシャル・エネルギーの対応関係の模式図を示す。図10(a)は時間軸上での光ソリトンの強度を示し、同(b)は、時間軸上でのポテンシャル・エネルギーを示す。図9の場合とは逆に、光ソリトンC, D間の中間では、光ソリトンCと同Dの振幅の位相が逆になっていることから、図10(b)に示すようにポテンシャル・エネルギーが完全にゼロになり、光ソリトンC, Dの外側に比べて高くなる。この結果、光ソリトンC, Dは、互いに反発して、互いに離れようとする。

【0007】 このような隣接する光ソリトンの引き合い又は反発が、伝送ビット・レートの上限を規定している。このような隣接する光ソリトン間の干渉又は相互作用を低減する手段として、隣接する光ソリトンの振幅を交互に大小させる交番振幅法と、各中継器に中心光周波数を徐々にスライドさせた狭帯域光フィルタを設けるスライディング周波数ガイディング・フィルタ法が、研究され、提案されている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】交番振幅法は、隣接する光ソリトンの振幅に大きな差を設けることが困難であり、大きな効果を得られない。また、スライディング周波数ガイディング・フィルタ法では、伝送に従い中心光周波数をスライドさせた狭帯域光フィルタを各中継器に設けなければならない。そのような狭帯域光フィルタを実際の伝送システムに導入するのは、簡単ではない。

【0009】本発明は、隣接する光ソリトン間で干渉しにくい光ソリトンを発生する光ソリトン発生装置を提示することを目的とする。

【0010】本発明はまた、より高い転送レートを実現する光ソリトン発生装置及び光ソリトン伝送システムを提示することを目的とする。

【0011】本発明はまた、既存の光ソリトン伝送路をそのまま使用しても、より高い伝送レートを実現できる光ソリトン発生装置及び光ソリトン伝送システムを提示することを目的とする。

【0012】本発明は更に、より長距離及び／又はより速い伝送レートを実現する光ソリトン伝送システムを提示することを目的とする。

【0013】

【課題を解決する手段】レーザ素子を連続発振させながら交流駆動することにより、レーザ出力光は、交流駆動の周期で光波長が連続的に変化する。同様のことが、連続出力光を外部の位相変調手段で位相変調することでも実現できる。パルス化手段が、光波長が連続的に変化する連続レーザ光から、光ソリトン伝送に適した光パルスに形成する。このように形成された光パルス列は、隣接する光パルス間で光波長が僅かに異なる。

【0014】光波長が僅かに異なる光パルスは、伝送に伴い位相の合った状態と、位相が逆の状態を繰り返す。隣接する光ソリトンは、位相が同じになっているときには引き合い、位相が逆になっているときには反発し合うが、引き合いと反発を繰り返すので、全体としては、隣接する光ソリトン間の干渉又は相互作用が弱まることになり、パルス間隔を従来よりも狭くでき、伝送レートの向上と長距離化を図ることができる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、本発明の実施の形態を詳細に説明する。

【0016】図1は、本発明の一実施例の概略構成ブロック図を示す。10は、1, 500 nm帯の光波長で縦単一モード発振する半導体レーザ、例えばDFBレーザである。直流電源12が連続レーザ発振のための直流電流を半導体レーザ10に供給し、これと同時に、高周波発振回路14が、周波数 f_a （例えば、10 MHz）の正弦波交流電流を半導体レーザ10に供給する。本実施例では、直流電源12は約60 mAの直流電流を半導体レーザ10に供給し、高周波発振回路14は10 MHz

の場合で約5 mAの交流電流を半導体レーザ10に供給する。

【0017】図2は、半導体レーザ10の出力光の振幅と光波長の変化の様子を概念的に示す模式図である。図2(a)は、半導体レーザ10の出力光強度、同(b)は半導体レーザ10の出力光の光波長を示す。何れも、横軸は時間である。

【0018】半導体レーザ10は、直流電源12からの直流電流により連続レーザ発振するが、半導体レーザ10の駆動電流には、高周波発振回路14から供給される周波数 f_a （例えば、10 MHz）の正弦波交流電流が重畳されているので、半導体レーザ10の出力光は、その振幅と光波長が周波数 f_a で変調されたものになる。即ち、半導体レーザ10の出力光の振幅は、図2(a)に示すように、周期 $1/f_a$ で変動する。また、半導体レーザ10の出力光の光波長は、図2(b)に示すように、周波数 f_a により規定される範囲で10 MHzの周期で変動する。本来の連続レーザ発振の光波長を λ_m とすると、半導体レーザ10の出力光の波長は、 $\lambda_m - \Delta\lambda_a$ から $\lambda_m + \Delta\lambda_a$ の波長範囲で周期 $1/f_a$ で循環的に変化する。光波長のシフト量 $\Delta\lambda_a$ は、交流駆動の周波数及び振幅などに依存する。

【0019】光変調器16は、例えばInGaAsPからなる電界吸収形光変調素子であり、半導体レーザ10と一体に形成可能である。光変調器16は、半導体レーザ10から出力される連続発振のレーザ光をクロック周波数 f_b （例えば、10 GHz）のクロックで選択的に吸収して、周期 $1/f_b$ で所定パルス幅（例えば、15 ps）の孤立光を形成する。即ち、光変調器16から出力される光パルス列は、図2(a)及び同(b)に示す振幅及び光波長の連続レーザ光をクロック周波数 f_b でサンプリングした光パルスからなり、隣接する光パルスの光波長は僅かずつ異なったものになっている。

【0020】なお、例えば高周波発振回路14の発振周波数 f_a を5 GHzとしたときには、光変調器16の出力は、波長 $\lambda_m + \Delta\lambda_a$ の光パルスと波長 $\lambda_m - \Delta\lambda_a$ の光パルスが交互する光パルス列になる。

【0021】上記実施例では、高周波発振回路14の出力電流により半導体レーザ10を直接、周波数変調したが、連続発振のレーザ光を外部の位相変調光素子により位相変調してもよい。図3は、その概略構成ブロック図を示す。20は直流電源22により連続レーザ発振の閾値以上の直流電流を供給されて、連続レーザ発振する。位相変調器24は、半導体レーザ20の出力光を周波数 f_a により位相変調する。位相変調器24が半導体レーザ20の出力光を振幅変調してもよいことはいうまでもない。位相変調器24の出力光の光波長は、図2(b)に示すのと同様に变化する。光ソリトン用変調器26は、光ソリトン変調器16と同様の光素子からなり、位相変調器24から出力される連続レーザ光をクロック周

波数 f_b のクロックで選択的に吸収して、周期 $1/f_b$ の所定パルス幅 (例えば、15 ps) の孤立光を形成する。

【0022】半導体レーザ20、位相変調器24及び光ソリトン用変調器26は何れもInGaAsP系の化合物半導体により実現できるので、これらの全部又は一部は一体に形成可能である。これら全部を一体に形成したほうが好ましいことは明らかである。

【0023】僅かに光周波数 (又は光波長) の異なる2つの光ソリトン#1、#2が図4に示すように隣接しているとする。図4の縦軸は光強度、横軸は時間を示す。光ソリトン#1、#2の光周波数をそれぞれ、 f_1 、 f_2 とする。光周波数の相違により実質的な屈折率が異なるので、図5に示すように、各光ソリトン#1、#2は、位相の進み方が異なる。図5の縦軸は位相、横軸は伝送距離を示す。従って、光ソリトン#1、#2が同相で入射されたとしても、ある距離を伝送すると、光ソリトン#1、#2は互いに逆相になり、更に同じ距離を伝送すると同相になる。即ち、逆相と同相を繰り返す。

【0024】先に説明したように、隣接する光ソリトン#1、#2の間では、このように逆相と同相が繰り返されるので、全体として引合いと反発がキャンセルされる。従って、全体として見たときに隣接する光ソリトン間の干渉又は相互作用の影響が小さくなり、光ソリトン#1と同#2との間隔を従来より狭くできる。位相反転に要する距離は光周波数差などのパラメータにも依存するが、1,000乃至数1,000 km程度である。

【0025】2つの光ソリトン#1、#2の進行速度である群速度 $1/(d\beta/d\omega)$ は、その光周波数 f_1 、 f_2 に応じて異なるものの、図6に示すように、位相速度 ω/β の変化に比べると非常に小さく、無視できるので、光ソリトン#1、#2の伝搬速度には実質的な差は生じない。図6は、各光ソリトン#1、#2の角周波数 ω と伝搬定数 β との関係を示す。縦軸は伝搬定数 β 、横軸は角周波数 ω を示す。

【0026】図7は、図1又は図3に示す光ソリトン発生装置を使用した光ソリトン伝送システムの概略構成ブロック図を示す。30は光ソリトン送信装置、50は光伝送路、60は光ソリトン受信装置である。

【0027】先ず、光ソリトン送信装置30の構成を説明する。32は図1又は図3に示す光ソリトン発生装置であり、10 GHzの光ソリトン・パルス列を出力する。データ変調器34、36は光ソリトン発生回路32から出力される光パルス列を、外部からの10 Gbits/sのデータにより変調する。データ変調器34、36は、例えば、データ'1'に対して光パルスを通過させ、データ'0'に対して光パルスをブロックする。データ変調器34 (又は36) は出力部に20 Gbits

/s相当、即ち、50 psに相当する光遅延素子を具備し、データ変調器34 (又は36) は、データ変調器36 (又は34) に対して50 ps遅れて、光パルスを出力する。

【0028】光多重器38はデータ変調器34、36の出力パルスを時間軸上で多重する。これにより、光多重器38の出力は、20 Gbits/sの光ソリトン・パルス列になる。

【0029】光パルス圧縮器40は、光多重器38から出力される各光パルスの時間幅を短縮する。光パルス圧縮器40は、例えば、コア径が通常より小さい光ファイバからなる。コア径の小さい光ファイバは、非線形現象が起こりやすいので、これを利用して各光パルスのパルス幅を小さくできる。

【0030】光パルス圧縮器40の出力光パルスは、偏光スクランブラ42に入力する。偏光スクランブラ42は、所定期期で入力光の偏光面を回転する光素子からなる。偏光面を固定すると、その偏光面に直交する面で光雑音が多くなることが知られており、偏光スクランブラ42による偏光面の回転で、このような雑音の発生を抑制できる。偏光スクランブラ42の機能及び構成自体は、周知である。

【0031】偏光スクランブラ42の出力光が、光ソリトン送信装置30の出力光として光伝送路50に入力される。光伝送路50は、基本的に、1以上の分散シフト・ファイバ52、1以上の光中継器54、伝送される光パルスの光波長に対して主に分散シフト・ファイバ52による累積波長分散を補償して、一定値以下にする1以上の分散補償ファイバ (等化ファイバとも呼ばれる。) 56、及び1以上の狭帯域 (例えば、2.1 nm) の光バンドパス・フィルタ58からなる。光中継器54には通常、光増幅ファイバが組み込まれ、入力光信号を光のまま増幅する。なお、光バンドパス・フィルタ58も、光中継器54に組み込まれる場合が多い。図4に示すシステムによる光ソリトン伝送実験では、光伝送路50の光伝送距離は、約8,100 kmである。

【0032】周知の通り、光ソリトン伝送方式は、光ファイバの非線形性と波長分散とをバランスさせることで、極短光パルスをそのパルス波形を一定に維持したまま長距離伝送させる方式であり、分散シフト・ファイバ52は、波長分散がプラス側に累積するように設計され、分散補償ファイバ56は、分散シフト・ファイバ52による累積波長分散の増大が一定割合を越えないように所定距離での累積波長分散を補償するように設計される。従って、分散補償ファイバ56は、ある距離 (等化距離) 毎に設置されることになる。

【0033】いうまでもないが、伝送距離がある程度、短ければ、分散補償ファイバ56は不要になることがある。光中継器54についても同様である。

【0034】光ソリトン受信装置60は、次のような構

成になっている。即ち、光プリアンプ62が、伝送路50からの光信号を増幅する。光プリアンプ62の出力光はpinフォトダイオード64と、光分離器68に印加される。フォトダイオード64の出力信号は20GHzの位相ロック・ループ(PLL)回路66に供給される。PLL回路66は、フォトダイオード64の出力信号に従い、20GHzのクロックを生成し、その半分の周波数10GHzのクロックを光分離器68に印加する。このように、PLL回路66は、生成された20GHzのクロックから10GHzのクロックを再生するクロック再生回路を具備する。

【0035】光分離器68は、例えばInGaAsPからなる2系統の電界吸収形光変調素子からなり、PLL回路66からの10GHzクロックに従う約50ps幅の光ゲートにより、20Gbits/sの光信号データ列を2つの10Gbits/sの光信号データ列に分離する。なお、光分離器68の入力部には、入力光を2系統に分離する光分岐素子がある他、フォトダイオード64及びPLL回路66による信号遅延と同程度の遅延量の光遅延器を設けてある。光遅延器は、PLL回路66からのクロックと光プリアンプ62からの光信号を位相同期させるための位相調整手段である。光分離器68により分離された光信号データ列は、それぞれ、データ復調回路70、72に印加される。データ復調回路70、72はそれぞれ、入力する光信号を光電変換し、データ列の電気信号を所定形式、例えばNRZ形式で出力する。

【0036】図7に示す光伝送システムの動作を説明する。光ソリトン送信装置30では、光ソリトン発生装置32が、図1に関連して説明したように、隣接する光ソリトン間で光周波数が僅かに異なる10GHzの光ソリトン・パルス列を出力する。データ変調器34、36は、光ソリトン発生回路32の出力光パルス列を、それぞれ外部からの10Gbits/sのデータにより変調し、光多重器38が、データ変調器34、36の出力を時間軸上で多重化する。データ変調器34(又は36)は、変調光信号を50ps遅延させて出力するので、光多重器38の出力は、2チャンネルの10Gbits/sの光信号を多重化した20Gbits/sの光信号になっている。

【0037】光多重器38の出力光パルスは、光パルス圧縮器40によりパルス幅を圧縮された後、偏光スクランブラ42を介して光伝送路50に出力される。

【0038】光伝送路50では、光ソリトン送信装置30(の偏光スクランブラ42)から出力される光ソリトンは、分散シフト・ファイバ52、光中継器54、分散補償ファイバ56及び光バンドパス・フィルタ58を伝搬する。分散補償ファイバ56が、分散シフト・ファイバ52(及びその他の伝送媒体)による累積波長分散を補償し、累積波長分散を一定値以下に抑制する。この光

ソリトン伝送実験では、先に述べたように、光伝送路50の光伝送距離は、約8,100kmである。

【0039】光伝送路50を伝搬した光ソリトンは、光ソリトン受信装置60の光プリアンプ62に入力する。光プリアンプ62は、入力光を増幅し、その出力光はフォトダイオード64と光分離器68に入力される。フォトダイオード64は光プリアンプ62の出力光を電気信号に変換し、位相ロック・ループ回路66に供給する。位相ロック・ループ回路66はフォトダイオード64の出力信号から10GHzクロックを形成して光分離器68に供給すると共に、外部にも出力する。

【0040】光分離器68は、PLL回路66からの10GHzのクロックに従い、光プリアンプ62からの20Gbits/sの光信号データ列を2つの10Gbits/sの光信号データ列に分離し、一方をデータ復調回路70に、他方をデータ復調回路72に供給する。データ復調回路70、72はそれぞれ、光分離器68からの光信号を光電変換し、対応するデータ列の電気信号を所定形式、例えばNRZ形式で外部に出力する。

【0041】このようにして、8,100kmもの超長距離にわたる20Gbits/sの光ソリトン伝送が実際に可能であることが、確認できた。

【0042】

【発明の効果】以上の説明から容易に理解できるように、本発明によれば、光ソリトンの間隔をより狭めることが可能になる。これにより、より長い伝送距離及び/又はより高い伝送速度を実現できる。

【0043】また、既存の光ソリトン伝送用に設計・敷設された光伝送路をそのまま使用しても、より高い伝送速度を実現できるので、経済的でもある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例の概略構成ブロック図である。

【図2】 半導体レーザ10の出力光の振幅と光波長の変化の様子を示す概念図である。

【図3】 本発明の別の実施例の概略構成ブロック図である。

【図4】 僅かに光周波数(又は光波長)の異なる2つの光ソリトン#1、#2を示す模式図である。

【図5】 図4に示す各光ソリトン#1、#2の、位相の進み方を示す模式図である。

【図6】 光ソリトン#1、#2の角周波数 ω と伝搬定数 β との関係を示す模式図である。

【図7】 図1又は図3に示す光ソリトン発生装置を使用した光ソリトン伝送システムの概略構成ブロック図である。

【図8】 光ソリトン波とポテンシャル・エネルギーの対応関係の概念図である。

【図9】 隣接する2つの光ソリトンA、Bが同一光周波数且つ同相で形成されている場合の、波形とポテンシ

ヤル・エネルギーの対応関係を示す模式図である。

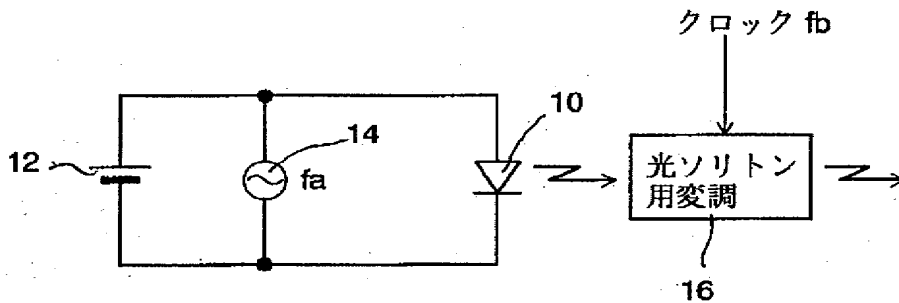
【図10】 隣接する2つの光ソリトンC、Dが同一光周波数且つ逆相で形成されている場合の、波形とポテンシャル・エネルギーの対応関係を示す模式図である。

【符号の説明】

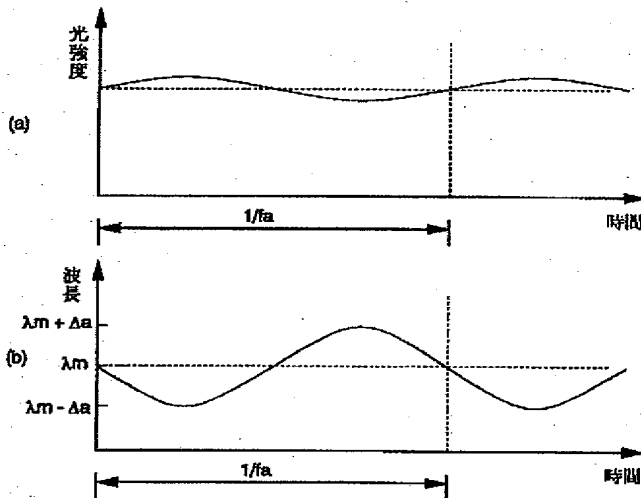
- 10：半導体レーザ
- 12：直流電源
- 14：高周波発振回路
- 16：光変調器
- 20：半導体レーザ
- 22：直流電源
- 24：位相変調器
- 26：光ソリトン用変調器
- 30：光ソリトン送信装置
- 32：図1又は図3に示す光ソリトン発生装置

- 34, 36：データ変調器
- 38：光多重器
- 40：光パルス圧縮器
- 42：偏光スクランブラ
- 50：光伝送路
- 52：分散シフト・ファイバ
- 54：光中継器
- 56：分散補償ファイバ (等化ファイバ)
- 58：光バンドパス・フィルタ
- 60：光ソリトン受信装置
- 62：光プリアンプ
- 64：pinフォトダイオード
- 66：位相ロック・ループ (PLL) 回路
- 68：光分離器
- 70, 72：データ復調回路

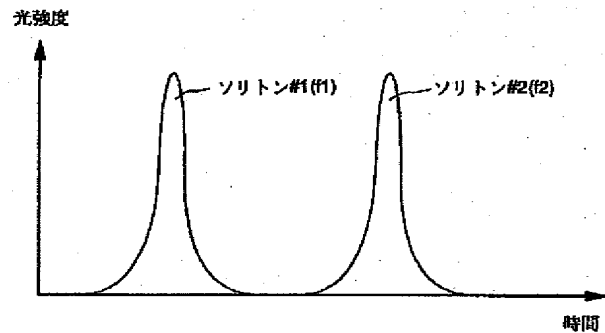
【図1】



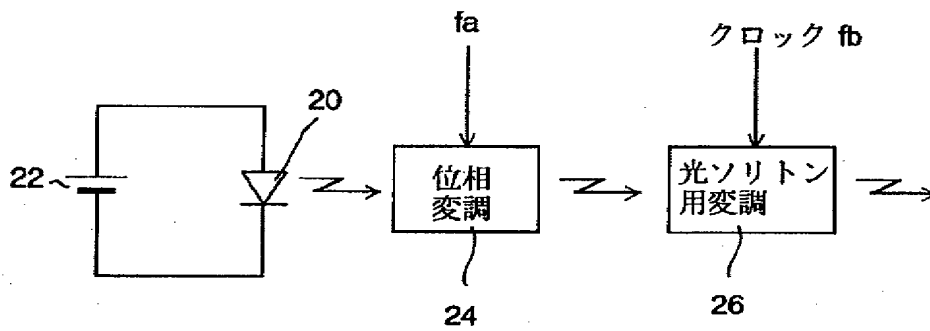
【図2】



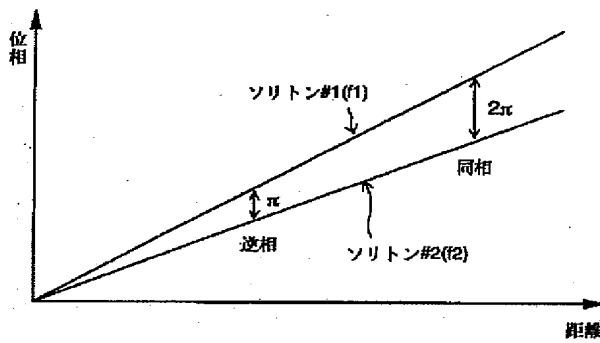
【図4】



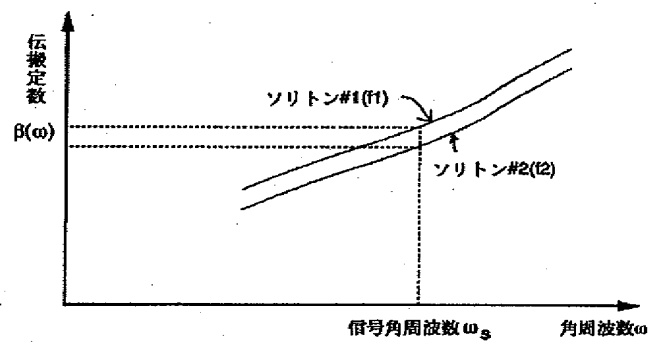
【図3】



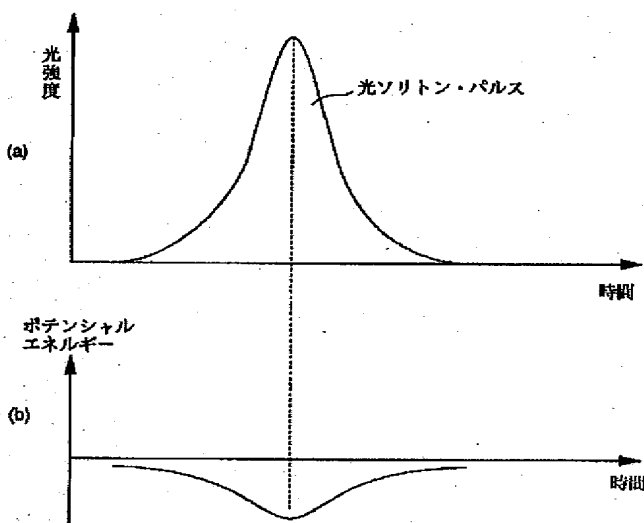
【図5】



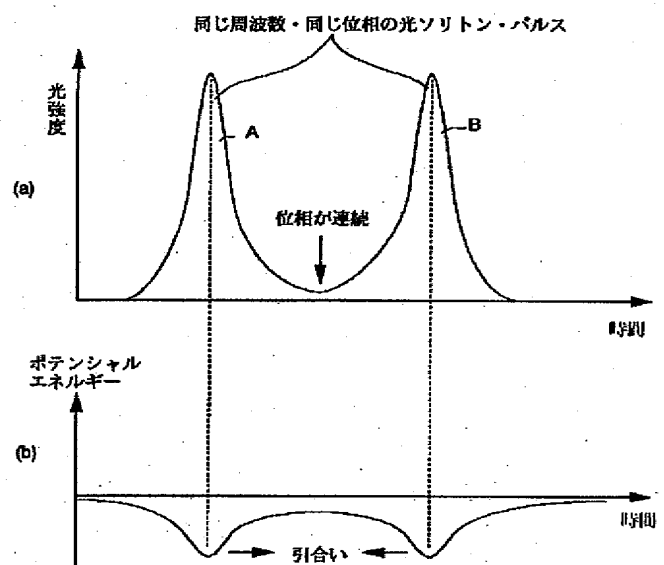
【図6】



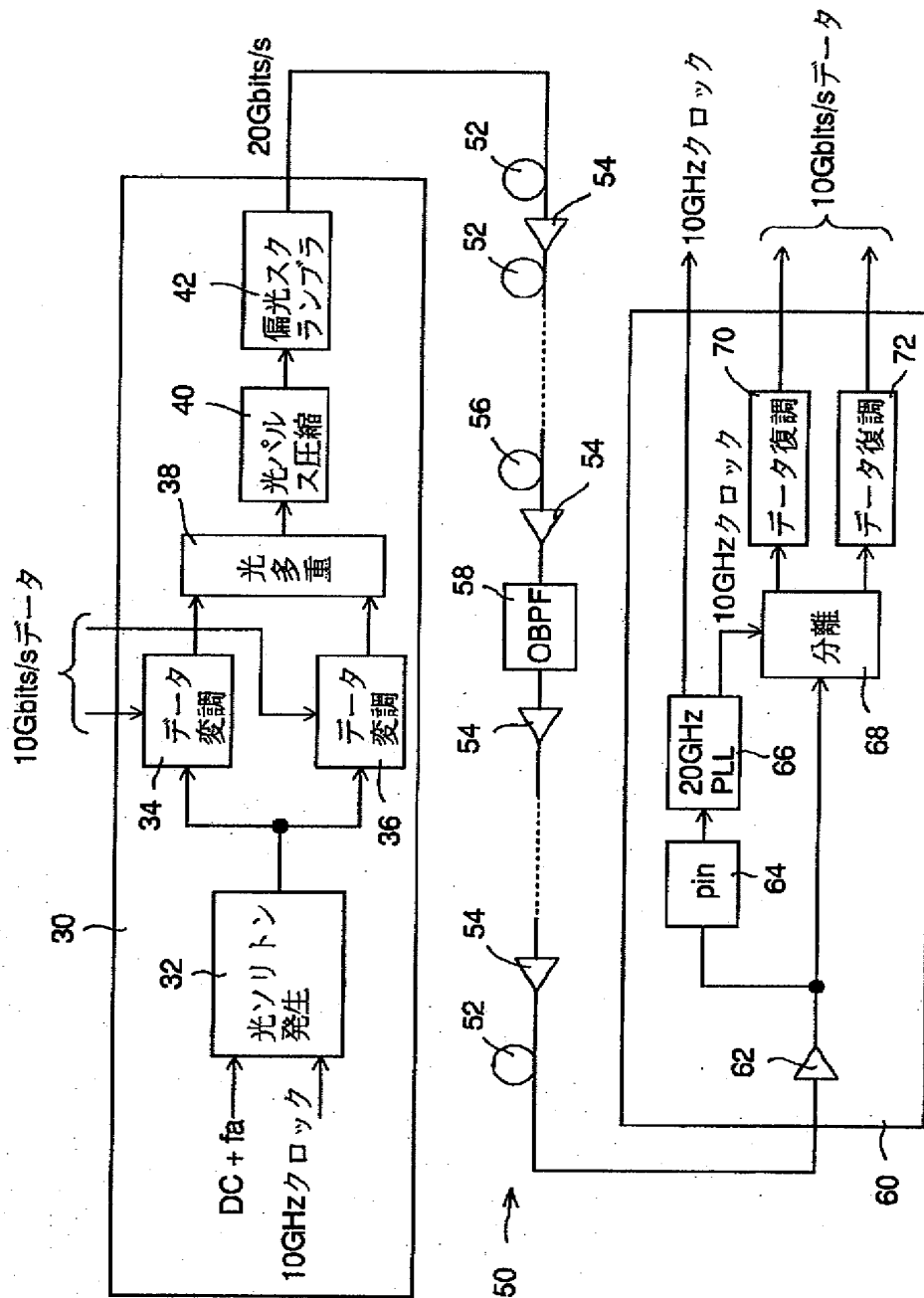
【図8】



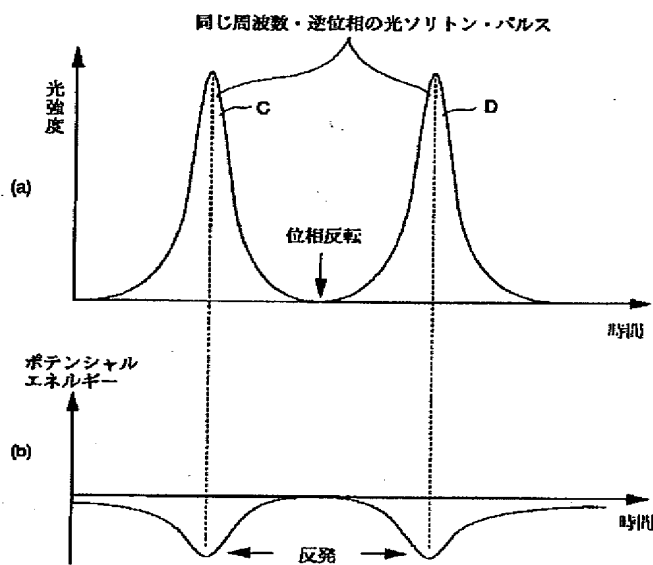
【図9】



【図7】



【図10】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁶

H 0 1 S 3/18

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

(72) 発明者 森田 逸郎

東京都新宿区西新宿2丁目3番2号国際電
信電話株式会社内